



**Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1**  
**Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT**

**Název: EMCO Sinumerik 810 M - frézování**

**Téma: Určení řezných podmínek pro frézování**

**Autor: Horák Jiří**

**Číslo: VY\_32\_INOVACE\_46-04**

**Anotace:** Postup při určování řezných podmínek pro obrábění na CNC úzce. DUM je určen pro výuku předmětu Programování CNC strojů ve 3. ročnících oboru STROJÍRENSTVÍ - všechna zaměření.  
Vytvořen: 7.5.2012

### Určení řezných podmínek pro frézování

Pro správné nastavení řezných podmínek pro frézování je třeba určit:

- otáčky vřetene -  **$n$  [ $\text{min.}^{-1}$ ]**
- posuv za minutu -  **$F_{\text{min}}$  [ $\text{mm.min.}^{-1}$ ]**
- hloubku řezu -  **$a_p$  [ $\text{mm}$ ]**
- horizontální překrytí (tříska v rovině XY - **% průměru nástroje**) [ $\text{mm}$ ]

Na řezné podmínky má vliv celá řada faktorů. Jsou to především:

- materiál polotovaru
- materiál nástroje
- geometrie břitu
- požadovaná drsnost obrobeneho povrchu
- vyložení nástroje a polotovaru
- výkon stroje
- tuhost soustavy obrobek - upínač - nástroj - stroj

### Materiál polotovaru

Materiál polotovaru má rozhodující vliv pro stanovení řezných podmínek pro obrábění. Obecně lze říci, čím tvrdší, pevnější a houževnatější materiál obrábíme, tím menší řeznou rychlost (tedy otáčky vřetene), menší posuv a hloubku třísky můžeme použít a naopak.

### Materiál nástroje

Materiál nástroje také zásadně ovlivňuje řezné podmínky při obrábění. Pro výrobu nástrojů se používá celá řada nástrojových materiálů. Od nejlevnějších a nejméně výkonných až po ty nejvýkonnější a samozřejmě nejdražší. Jsou to především nástrojová ocel uhlíková, nástrojová ocel rychlořezná **RO**, slinuté karbidy **SK**, keramika, kubický nitrid bóru a diamant. Pro frézování na CNC frézkách se nejčastěji používá nástrojová oce rychlořezná **RO** a slinuté karbidy a to buď jako monolitní frézy (celé zhotovené z **SK**) nebo jako vyměnitelné břitové destičky **VBD**.

### Rychlořezná ocel (RO)

Pro určení otáček nástroje vyrobeného z RO vycházíme z řezné rychlosti, která je pro daný obráběný materiál určena. Například pro obrábění konstrukčních ocelí se používá řezná rychlost 25 – 30 m.min<sup>-1</sup>. Pro výpočet otáček vycházíme ze vztahu pro výpočet řezné rychlosti.

#### Výpočet otáček

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} [m \cdot \text{min}^{-1}] \quad \text{z toho vyplývá že} \quad n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} [\text{min}^{-1}]$$

v = řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]

D = průměr nástroje [mm]

n = otáčky vřetene [min<sup>-1</sup>]

**Př.: nástroj ø 20 mm, řezná rychlost 25 m.min<sup>-1</sup>**

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{20 \cdot \pi} = 397,9 = 400 [\text{min}^{-1}]$$

$$\mathbf{n = 400 [\text{min}^{-1}]}$$

#### Výpočet posuvu:

Pro frézování se používá minutový posuv. Pro jeho výpočet vycházíme z posuvu na zub  $F_z$ , počtu zubů  $z$  a otáček  $n$ .

$F_{\text{min.}} = F_z \cdot z \cdot n [mm \cdot \text{min}^{-1}]$  nebo také  $F_{\text{min.}} = F_n \cdot n [mm \cdot \text{min}^{-1}]$  kde  $F_n$  je posuv na otáčku.

**Př.: nástroj ø 20 mm, řezná rychlost 25 m.min<sup>-1</sup>,  $F_z = 0.05 \text{ mm} \cdot z^{-1}$ ,  $z = 4$**

$$F_{\text{min.}} = 0.05 \cdot 4 \cdot 400 = 80 [mm \cdot \text{min}^{-1}]$$

$$\mathbf{F_{\text{min.}} = 80 [mm \cdot \text{min}^{-1}]}$$

Příklad určení řezných podmínek pro vrtáky:

ŘEZNÉ PODMÍNKY PRO VRTÁNÍ VRTÁKEM Z RO								
Nástroj - šroubovitý vrták s válcovou nebo kuželovou stopkou z RO								
Chlazení: emulze vrtacího oleje Obrobiteľnosť 14b								
Druh díry	Průměr vrtáku D [mm]	Posuv na ot.[mm.n <sup>-1</sup> ]	Otáčky [min. <sup>-1</sup> ]	Řezná rychlost v [m.min <sup>-1</sup> ]	Délka díry L <sub>MAX</sub> [mm]	Trvanlivost Tc [min.]	Výkon P [kW]	Průměr D <sub>1</sub> [mm]
NEPŘEDVRTANÉ	5	0.05	1670	26.2	50	12	0.4	
	6	0.07	1370	25.8		14	0.5	
	7	0.10	1170	25.7		16	0.6	
	8	0.11	1010	25.4	60	18	0.8	
	10	0.13	800	25.1		70	23	
	12	0.15	650	24.5	75	28	1.3	
	14	0.17	550	24.2	80	34	1.5	
	16	0.18	460	23.1	90	42	1.6	
	18	0.20	400	22.6	100	47	1.8	
	20	0.22	350	22		54	2.2	
	22	0.23	315	21.8		62	2.5	
	24	0.24	280	21.1	120	70	2.8	
	26	0.26	250	20.4		77		
	28	0.27	225	19.8	130	85	3.0	
	30	0.28	200	18.8	135	96	3.5	
35	0.30	170	18.7	150	115	4.0		
PŘEDVRTANÉ	26	0.34	250	20.4	120	75	3.2	10
	28	0.35	225	19.8	130	86	3.5	
	30	0.37	200	18.8	135	96	3.6	
	35	0.40	170	18.7	150	114	4.4	
	40	0.42	145	18.2	170	138	5.1	12
	45	0.44	125	17.7	175	164	6.0	
	50	0.47	110	17.3	180	180	6.7	
	55	0.50	95	16.4	185	200	7.1	16
	60	0.54	85	16	190	218	9.8	
	70	0.6	70	15.4		250	10.0	

### Slinuté karbidy (SK)

Pro určení řezných podmínek nástrojů vyrobených z SK použijeme katalog CoroKey\_rok vydání 2008 firmy Sandvik



### 1. Zařadíme materiál polotovaru do některé skupiny (viz obr.).



**Ocel**  
Referenční materiál:  
Nízkolegovaná ocel, CMC02.1/ HB 180



**Korozivzdorná ocel**  
Referenční materiál:  
Austenitická korozivzdorná ocel, CMC 05.21/ HB 180



**Litina**  
Referenční materiál:  
Šedá litina, CMC 08.2/HB 220  
Nodulární litina, CMC 09.2/HB 250



**Slitiny hliníku**  
Referenční materiál:  
Litý, nestárnutý, CMC 30.21/HB 75

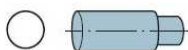


**Žárovzdorné slitiny**  
Referenční materiál:  
Na bázi Ni, CMC 20.22/HB 350

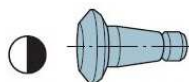


**Kalená ocel**  
Referenční materiál:  
Kalený a popouštěný, CMC 04.1/HRC 60

### 2. Určíme podmínky obrábění



**Dobré podmínky**  
Nepřerušované řezy. Vysoké rychlosti. Předobrobené obráběné plochy.  
Vynikající upnutí obrobku. Malé vyložení.



**Průměrné podmínky**  
Obrábění tvarových ploch. Střední rychlosti. Výkovek nebo odlitek.  
Dobré upnutí obrobku.



**Obtížné podmínky**  
Přerušované řezy. Nízké rychlosti. Silná kůra po odlévání nebo kování na povrchu obrobku.  
Nedostatečná stabilita upnutí obrobku.

### 3. Doporučené řezné podmínky Corokey jsou uváděny pro tvrdost dle Brinella (HB).

- HB 180 pro ocel
- HB 180 pro korozivzdornou ocel
- HB 220 pro šedou litinu
- HB 250 pro tvárnou litinu
- HB 75 pro hliník a neželezné kovy
- HB 350 pro tepelně odolné superslitiny
- HRC 60 pro tvrzené materiály

### 4. Určíme korekční faktor (K) pro odchylku tvrdosti HB (viz tabulka).

ISO/ ANSI	CMC <sup>1)</sup>	HB <sup>2)</sup>	Nižší tvrdost				Vyšší tvrdost				
			-60 <sup>2)</sup>	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
<b>P</b>	02.1	HB <sup>2)</sup> 180	1,44	1,25	1,11	1,0	0,91	0,84	0,77	0,72	0,67
<b>M</b>	05.21	HB <sup>2)</sup> 180	1,42	1,24	1,11	1,0	0,91	0,84	0,78	0,73	0,68
<b>K</b>	08.2	HB <sup>2)</sup> 220	1,21	1,13	1,06	1,0	0,95	0,90	0,86	0,82	0,79
	09.2	HB <sup>2)</sup> 250	1,33	1,21	1,09	1,0	0,91	0,84	0,75	0,70	0,65
<b>N</b>	30.21	HB <sup>2)</sup> 75			1,05	1,0	0,95				
<b>S</b>	20.22	HB <sup>2)</sup> 350			1,12	1,0	0,89				
<b>H</b>	04.1	HRC <sup>3)</sup> 60			1,07	1,0	0,97				

<sup>1)</sup> = Klasifikace materiálů Coromant

<sup>2)</sup> = Tvrdost podle Brinella

<sup>3)</sup> = Tvrdost podle Rockwella

#### Příklad:

Pokud si pro svou soustružnickou operaci vyberete VBD CNMG 120416-PM, doporučené řezné podmínky CoroKey platí pro třídu první volby GC4225 a nízkolegovanou ocel (CMC kód 02.1) s tvrdostí HB 180:

Hloubka řezu ( $a_p$ ) = 3 mm

Posuv ( $f_p$ ) = 0,40 mm/ot

Řezná rychlost ( $v_c$ ) = 305 m/min.

Pokud má materiál obrobku jinou tvrdost, např. HB 240, je mezi uváděnou HB 180 a skutečnou HB 240 rozdíl + 60.

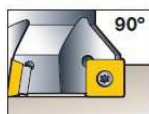
Korekční faktor z tabulky je 0,77.

Upravená řezná rychlost pro HB 240 =

$305 \text{ m/min} \times 0,77 = 234,85 \text{ m/min} \approx 235 \text{ m/min}$

### 5. Vybereme typ nástroje a tvar VBD.

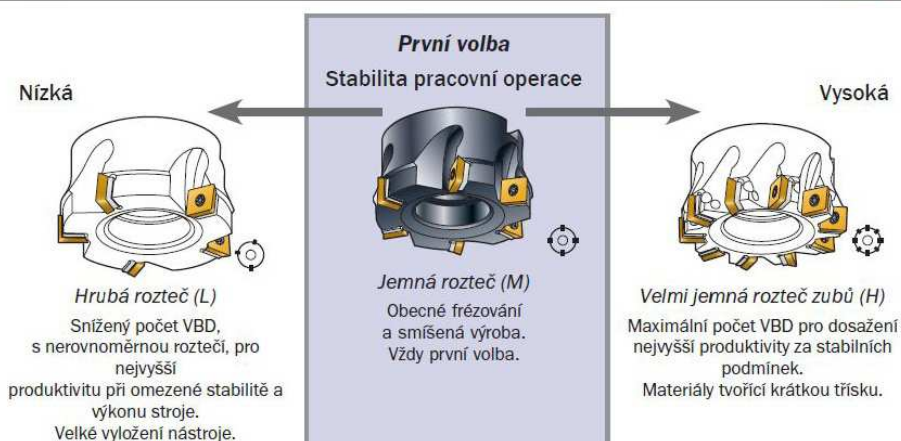
FRÉZOVÁNÍ



Frézování do rohu – CoroMill® 290

Univerzální fréza

ISO/ANSI

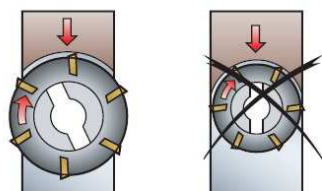


6. Určíme počet zubů (břitů) frézy - z (viz obr.).

7. Vezmeme v úvahu aplikační podmínky obrábění.

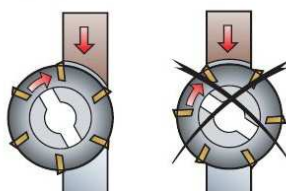
#### Aplikační pokyny

Průměr a poloha frézy



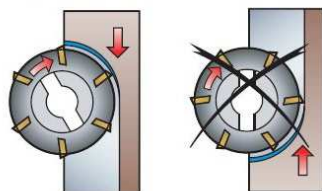
Pokud možno vyberte frézu širší než obrobek

Poloha frézy



Mírným posunutím frézy mimo střed zabraňte vibracím.

Směr frézování



Pokud to umožní stroj, upnutí a obrobek, je vždy lepší používat souměrné frézování.

8. Z tabulky vybereme řeznou rychlost  $v_c$  a posuv na zub  $f_z$ .

Třídy a VBD – doporučené řezné podmínky – počáteční hodnoty

ISO/ANSI	L = Lehké M = Střední H = Těžké	DOBŘÉ PODMÍNKY			První volba PRŮMĚRNÉ PODMÍNKY			OBTÍŽNÉ PODMÍNKY		
		Objednací kód	$v_c$	$f_z$	Objednací kód	$v_c$	$f_z$	Objednací kód	$v_c$	$f_z$
P	L	R290-12T308M-PL 4220	325	0.12	R290-12T308M-PL 4230	265	0.12	R290-12T308M-PL 4240	225	0.12
	M	R290-12T308M-PM 4220	290	0.17	R290-12T308M-PM 4230	250	0.15	R290-12T308M-PM 4240	205	0.17
	H	R290.90-12T320M-PH 4220	250	0.25	R290.90-12T320M-PH 4230	205	0.25	R290.90-12T320M-PH 4240	175	0.25
M	L	R290-12T308E-ML 2030	230	0.10	R290-12T308E-ML 2030	230	0.10	R290-12T308E-ML 2040	220	0.10
	M/H	R290-12T308M-MM 2030	200	0.16	R290-12T308M-MM 2030	200	0.16	R290-12T308M-MM 2040	190	0.16
K	L	R290-12T308M-KL 3220	240	0.13	R290-12T308M-KL 3040	195	0.12	R290-12T308M-KL 1020	280	0.13
	M	R290-12T308M-KM 3220	225	0.17	R290-12T308M-KM 3040	175	0.17	R290-12T308M-KM 1020	275	0.17
	H	R290.90-12T320M-KH 3220	190	0.25	R290.90-12T320M-KH 3040	150	0.25	R290.90-12T320M-KH 1020	180	0.25
H	L/M/H	R290-12T308E CB50	145	0.10	R290-12T308M-PL 4220	50	0.12	R290-12T308M-KM 3040	35	0.10

8. Vypočteme skutečnou řeznou rychlost  $v$ .

$$v = v_c \cdot K$$

$v$  = skutečná řezná rychlost

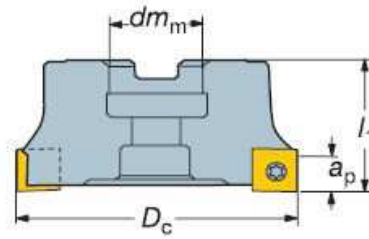
$v_c$  = doporučená řezná rychlost z tabulky

$K$  = korekční faktor

9. Z výše uvedených vztahů vypočteme otáčky vřetene  $n$  a minutový posuv  $F_{\min}$ .

10. S ohledem na velikost VBD učíme maximální hloubku řezu  $a_p$ .

Max. hloubka řezu ( $a_p$ ) = 10,7 mm



11. Horizontální třísku (tříska v rovině XY) určíme v rozmezí 50 - 80% průměru nástroje.

*Použitá literatura:*

Katalog nástrojů **CoroKey** firmy **SANDVIK** Coromant rok vydání 2008